

高品質堆肥製造技術の検討

池岡進、庄野俊一、森田憲嗣

Study of High-Quality Compost Production Technology

Susumu Ikeoka, Shunichi Shouno, Kennji Morita

要 約

窒素及びリン成分の高い堆肥の製造を目的に、堆肥化過程で発生するアンモニアの完熟堆肥への吸着及び一酸化二窒素 (N_2O) の完熟堆肥添加による揮散抑制、豚尿汚水からのリン回収について検討した。

- 豚ふん完熟堆肥に堆肥化で発生したアンモニアを吸着させることにより、全窒素含有率（乾物あたり）が2.39%から3.60%に向上した。）
- 豚ふんに亜硝酸酸化細菌源である完熟堆肥を添加・混合することにより、堆肥化過程で発生する一酸化二窒素 (N_2O) を約半分に抑制でき、出来上がり堆肥の硝酸態窒素含有率（乾物あたり）が約0.3%向上した。
- 市販のドラム型ポリタンクを利用して製作したリン回収装置により、豚尿汚水からリン結晶を57～242 g/週、夏季限定で回収することができた。

結 言

近年、有機栽培や減・無化学肥料栽培が推進され、堆肥の利用が高まってきている。しかし、一般的な堆肥は、土壌改良材としての効果は高いものの、肥料成分が低く、肥料効果はあまり期待できない。

一方、肥料成分である窒素やリンについては、畜産現場では、堆肥化におけるアンモニア (NH_3) や一酸化二窒素 (N_2O) ガスの揮散、リンを多く含む家畜尿の排泄等、環境負荷物質として排出されている。

そこで、堆肥化過程で発生するアンモニアを完熟堆肥に吸着させる方法や豚ふんオガクズ混合物と完熟堆肥とを混合し、豚ふんオガクズ混合物からの一酸化二窒素の揮散を抑制する方法により、窒素成分の高い堆肥の製造試験を行った。また、浄化処理過程において豚尿汚水に含まれるリンを結晶化して回収し、肥料としての利用を検討した。

材料及び方法

1. 完熟堆肥へのアンモニア吸着による窒素成分の向上

図1のように豚ふんモミガラ混合物 ($5m^3$) を発酵させて、発生したアンモニアを吸引用送風機で吸引し、豚ふん完熟堆肥 ($2m^3$) に86日間吸着させた。

豚ふんモミガラ混合物の切り返しは週1回行った。

送風により吸着堆肥が乾燥した場合は、随時散水して、水分を保持した。

・調査項目：アンモニア吸着堆肥中の窒素含有率（アンモニア態、硝酸・亜硝酸態、有機態）、発芽率

2. 一酸化二窒素 (N_2O) の揮散抑制による窒素成分の向上

図2のような小型堆肥化装置で試験を行った。

58Lステンレス製箱に豚ふんオガクズ混合物20kgを入れ、試験区はその表面に亜硝酸酸化細菌源である豚ふん完熟堆肥300g（混合物の1.5%）を添加した。対照区は無添加とした。添加時期は、亜硝酸酸化細菌が熱に弱いため、一酸化二窒素 (N_2O) が揮散し始める直前の堆肥化開始2週後とした。表面に添加した完熟堆肥は、添加1週間後に豚ふんオガクズ混合物と混合した。通気は豚ふんオガクズ混合物表面に10L/分で行い、切り返しは試験開始から1、2、3、5、8週後に行い、堆肥化12週後を試験終了とした。

・調査項目：一酸化二窒素 (N_2O) 及び一酸化窒素 (NO) 揮散量、堆肥中無機態窒素含有率

3. 豚舎汚水からのリン回収

市販のドラム型ポリタンクを縦に2個連結した220Lの容器に、直径10、15、20、25、30cmの円柱状にしたステンレス金網（総面積 $3.8m^2$ ）をリン回収資材として浸漬し、鳥取県農林総合研究所中小家畜試験場豚舎から排出された汚水を60L/時で

連続投入した。容器下部からブローアで強曝気（曝気強度 $250\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{時}$ ）した（図3）。またリン回収資材にリンが結晶化することを促進させるため、市販の融雪剤を水で溶解したマグネシウム水溶液（ $25\%\text{MgCl}_2$ ）を $300\text{ml}/\text{時}$ で添加した。

また、回収したリン（MAP）の肥料効果を確認するため、小松菜を用いた簡易な施用試験を行った。

直径 10cm 、深さ 8cm のビニール製ポットに、砂を8分目まで入れ、小松菜の種子を1ポット10粒播

種し、試験区はリン（MAP）を1ポット 1.5g を表面施用した。対照区は、無施用とした。各区3ポットずつとした。リン（MAP）以外の肥料は全く施用せず、砂表面が乾いた時には散水した。播種10日後に小松菜を1ポットあたり3本を残して間引きし、播種30日後に収量を調査した。

・調査項目：リン（MAP）回収量、汚水中水溶性リン濃度、汚水pH、小松菜収量

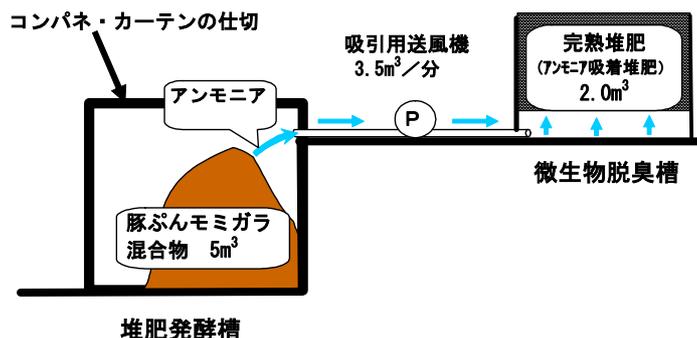


図1 アンモニア吸着堆肥の製造方法

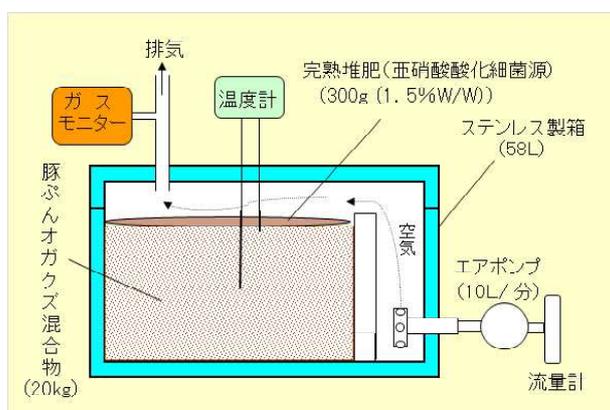


図2 小型堆肥化装置の概要

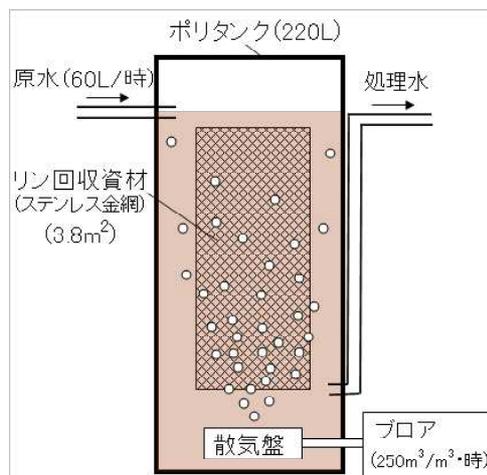


図3 リン回収装置の概要

結果及び考察

1. 完熟堆肥へのアンモニア吸着による窒素成分の向上

豚ふんモミガラ混合物から発生したアンモニアを86日間完熟堆肥に吸着させることにより、完熟堆肥の全窒素は $2.39\% \rightarrow 3.60\%$ （乾物当たり）に向上した（表1）。ただし、向上した窒素はアンモニア態や硝酸・亜硝酸態の無機態窒素ではなく、有機態窒素であった。九州沖縄農業研究センター¹⁾によるとアンモニアを吸着した堆肥に弱送風す

るとアンモニア態窒素が硝酸態窒素、さらには有機態窒素に変換されると報告している。今回の試験ではアンモニア態窒素が経過日数23~37日後に高く、硝酸・亜硝酸態窒素が経過日数45日後に高まり、経過日数86日後まで増加していく（表1）ことから、吸着したアンモニアが経過日数とともに、無機態窒素から有機態窒素に変化したものと推察された。発芽率に問題は見られなかった（表1）。

アンモニア吸着堆肥の窒素含有率は、一般の豚ふん堆肥と比較し、当初は無機態窒素が高くなる

と想定していたが、今回は同程度であった。反面、有機態窒素が一般豚ふん堆肥より高くなったことから、肥料特性として速効性ではなく、より持続性のある堆肥として期待された。

現在、白ネギへの元肥としての施用試験を実施中である。

2. 一酸化二窒素 (N₂O) 抑制による窒素成分の向上

豚ふんオガクズ混合物の堆肥化において、完熟堆肥を添加することによって、堆肥から揮散する一酸化二窒素 (N₂O) 量が50.8%抑制された(表2)。同時に一酸化窒素 (NO) 量も71.8%抑制された(表2)。

出来上がり堆肥の無機態窒素含有率は完熟堆肥試験区は対照区よりも、硝酸態窒素含量(乾物あたり)が、0.30%高くなった(図4)。

このことから、豚ふんオガクズ混合物からの一酸化二窒素等の揮散抑制により、堆肥中に硝酸態窒素が高まったと考えられ、一般堆肥より速効性の期待できる堆肥が生産できると考えられた。

また一酸化二窒素 (N₂O) は、二酸化炭素の約300倍の温室効果を持つ環境負荷ガスであることから、今後の畜産業における地球温暖化対策の点で大いに期待された。

3. 豚舎汚水からのリン回収

市販のドラム型ポリタンクを利用したリン回収装置により、リン (MAP) が夏季限定で回収された。回収量は57~242g/週と少なかったが、気温が高いほど多くなる傾向が見られた(図5)。リン回収量が少なかった原因として、供試汚水の水

溶性リン濃度が低かった(3.2~24.6mg/L)ことが考えられた(図6)。供試汚水のリン濃度が高ければ、さらに回収量は増えるものと推察された。

また、リン (MAP) の回収できた時期が夏季限定であった理由は、原水のpHが、夏季から秋季になるに従って上昇し、リン結晶化の条件である原水と処理水のpH差が無くなったためと考えられた(図7)。

リン回収量は少なかったものの、期間を通じ、汚水のリン除去率は80%前後と高く(図6)、汚水の浄化という点で十分な効果が期待された。

回収したリン (MAP) を小松菜へ施用した場合、リン (MAP) 施用区が無施用区の4.7倍の収量であり、リン (MAP) の肥料効果が確認された。ただし、今回はリン (MAP) 以外の肥料(窒素やカリウムなど)は施用しなかったため、今後はこれらも施用した試験を実施する予定である。

4. 高窒素堆肥へのリン (MAP) の添加について

当初の計画は、アンモニア吸着堆肥や一酸化二窒素の揮散を抑制した窒素成分向上堆肥にリン (MAP) を添加し、高窒素+高リン堆肥(高品質堆肥)を製造することであったが、堆肥にリン (MAP) を添加することにより、リン (MAP) が溶出する可能性があることや、回収リン (MAP) は、純度が高く施肥設計しやすいことから、堆肥と混合せず、リン (MAP) 単独で使用するほうがよいと考えられる。

従って、作物や施用条件に応じてこれらの堆肥、リン (MAP) を個々に使い分け、使用方法が望ましいと考えられる。

表1 アンモニア吸着堆肥の窒素成分の推移

経過日数	有機態窒素 (%)	アンモニア態窒素(ppm)	硝酸・亜硝酸態窒素(ppm)	全窒素 (%)	発芽率 (%)
0	2.18	1956	174	2.39	95.9
14	2.77	933	127	2.78	95.8
23	2.54	3296	148	2.88	96.0
30	2.81	2679	149	3.10	95.9
37	2.77	2411	241	3.04	98.0
44	3.21	1563	533	3.42	92.0
60	3.31	1032	295	3.44	96.0
78	3.43	645	466	3.55	95.8
86	3.5	634	338	3.60	90.0

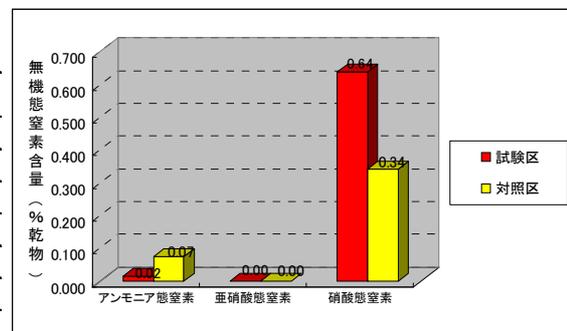


図4 一酸化二窒素を揮散抑制した堆肥の無機態窒素含有率

表2 堆肥化期間中の一酸化二窒素および一酸化窒素の全揮散量（生糞1kg当たり）

	試験区 (Nmg/kg)	対照区 (Nmg/kg)	揮散抑制率 (%)
一酸化二窒素(N ₂ O)	268	545	50.8
一酸化窒素(NO)	96	340	71.8

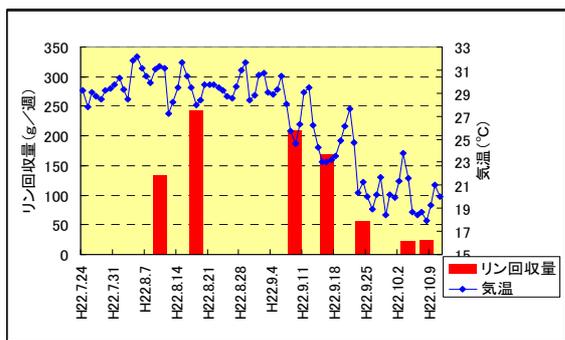


図5 リン(MAP)回収量と気温

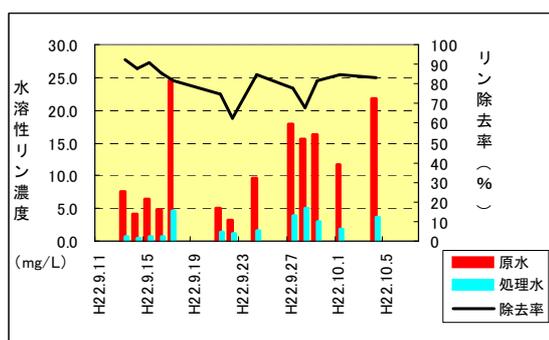


図6 汚水中の水溶性リン濃度とリン除去率

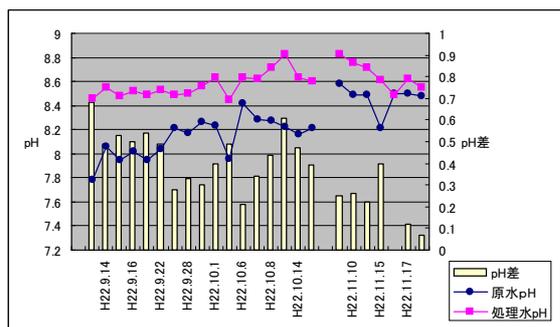


図7 汚水pHの推移

表3 回収リン(MAP)の小松菜への施用効果

	ポット 番号	株数 (本)	収量 1本当たり(g)	
			ポット平均	区平均
施用区	1	3	0.52	0.47
	2	3	0.51	
	3	3	0.37	
無施用区	4	3	0.13	0.10
	5	3	0.08	
	6	3	0.09	

・リン(MAP)施用量:1.5g/ポット

謝辞

本試験を実施するにあたり、ご指導・ご助言いただいた独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所 畜産環境研究領域 資源環境研究グループ 福本泰之主任研究員に深謝します。

参考文献

- 九州沖縄農業研究センター：堆肥脱臭による臭気低減化と窒素付加堆肥の製造. 研究トピックス
- 福本泰之：家畜ふん堆肥化における窒素保持. 農業および園芸, 84(1), p164-169 (2009)
- 鈴木一好：MAP付着回収法による豚舎污水から

のリン回収技術. 畜産の研究, 59(1), p98-104 (2005)

4)脇屋ら：陶器部材を用いた豚舎污水からのリン除去・回収技術. 日本養豚学会, 46(3)

5)福本ら：微生物添加(戻し堆肥)による亜酸化窒素の低減と豚ふん堆肥の高窒素化. 最新農業技術 畜産, 2, p317-320 (2009)